



Brintproduktion. Strategi for forskning, udvikling og demonstration vedrørende brintteknologi i Danmark. Gennemgang af produktionsteknologier med henblik på planlægning af en optimal dansk indsats på brintområdet

Holm-Larsen, H.; Ahring, B.K.; Møller, C.B.; Christiansen, J.; Mogensen, Mogens Bjerg; Henriksen, U.; Luxhøj, F.

Publication date:
2004

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Holm-Larsen, H., Ahring, B. K., Møller, C. B., Christiansen, J., Mogensen, M. B., Henriksen, U., & Luxhøj, F. (2004). *Brintproduktion. Strategi for forskning, udvikling og demonstration vedrørende brintteknologi i Danmark. Gennemgang af produktionsteknologier med henblik på planlægning af en optimal dansk indsats på brintområdet.*

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Strategi for forskning, udvikling og demonstration vedrørende brintteknologi i Danmark

Brintproduktion

Gennemgang af produktionsteknologier med henblik på
planlægning af en optimal dansk indsats på brintområdet

Arbejdsgruppe 1

Helge Holm-Larsen, Haldor Topsøe A/S, Formand

Birgitte Kiær Ahring, Biocentrum, DTU

Claus Bøjle Møller, Vindmølleindustrien

Jens Christiansen, Teknologisk Institut

Mogens Mogensen, Risø

Ulrik Henriksen, Institut for Mekanik, Energi og Konstruktion, DTU

Fritz Luxhøi, Eltra, Kontaktperson Strategigruppen

Indholdsfortegnelse

1. Indledning
 - 1.1. Baggrund for strategiarbejdet
 - 1.2. Kommissorium
 - 1.3. Arbejdsgruppens medlemmer
 - 1.4. Afgrænsning af opgaven
2. Brintproduktionsteknologier
 - 2.1. Relevante teknologier for produktion af brint og brinholdige brændstoffer
3. Status og udviklingsperspektiver
 - 3.1. Særlige teknologiske perspektiver
 - 3.2. Skitse for udvikling, kort/mellemlang og langt sigt
 - 3.3. Økonomiske perspektiver
 - 3.4. Energimæssige perspektiver
 - 3.5. Miljøpolitiske perspektiver
 - 3.6. Internationale perspektiver
4. Danske kompetencer og styrkepositioner
 - 4.1. Danske forsknings- og erhvervskompetencer
 - 4.2. Vurdering af konkurrerende internationale kompetencer
5. anbefaling af danske indsatsområder
6. Vurdering af behov for nødvendige tiltag og støtte for at nå frem til forsknings- og erhvervsmæssig succesfuld dansk indsats indenfor produktion af brint og brinholdige brændstoffer
7. Konklusion
8. Kildeoversigt

1. Indledning

Denne rapport er udarbejdet som et delelement i Energistyrelsens arbejde med at formulere en dansk strategi for brint som energibærer, specifikt inden for *produktion* af brint og brintholdige brændstoffer.

1.1. Baggrund for strategiarbejdet

Arbejdet med formulering af den danske strategi for brint som energibærer er delt op i tre faser. Fase 1, der blev afsluttet med udgivelse af en baggrundsrapport i juli 2004, havde til formål at etablere et overblik over forskning og udvikling i brintteknologier i en dansk kontekst. Denne rapport er en del af fase 2, der har til formål at uddybe relevante delområder inden for brintteknologi. Rapporten vil på linie med tilsvarende rapporter fra andre delområder indgå i formuleringen af en egentlig strategi for den brintteknologiske satsning i Danmark.

Belysningen af delområdet ”brintproduktion”, som er emnet for denne rapport tager sit udgangspunkt i arbejdsgruppens ekspertise, baggrundsnotaterne fra fase 1 samt en række kilder, som angivet i kildeoversigten.

1.2. Kommissorium

Arbejdsgruppens kommissorium er givet i et notat fra Energistyrelsen af 15. juni 2004.

Det er arbejdsgruppens opgave at konkretisere danske energiteknologiske kompetencer, muligheder og perspektiver inden for produktion af brint og brintholdige brændstoffer, dels på kort til mellemlangt sigt (10-15 år), dels på langt sigt (25 år).

På denne basis er det arbejdsgruppens opgave at anbefale fremtidige danske indsatsområder indenfor produktion af brint og brintholdige brændstoffer og belyse de krav, de anbefalede indsatsområder vil sætte til forskning, udvikling og demonstration, internationalt samarbejde, organisation og økonomiske virkemidler.

Som basis for gruppens anbefaling anlægges den målsætning, der anføres for Energistyrelsens strategiarbejde generelt, nemlig:

”Strategien skal søge at definere de forsknings- og udviklingsområder, som skønnes at bidrage mest til de danske energipolitiske mål og som anses for at have størst forskningsmæssigt og erhvervsmæssigt potentiale, herunder at:

- sikre den fremtidige energiforsyning til konkurrencedygtige priser
- sikre et miljøvenligt energisystem, og at de danske forpligtelser om reduktion af udledningen af drivhusgasser kan gennemføres så omkostningseffektivt som muligt
- øge den økonomiske vækst
- øge danske virksomheders konkurrenceevne på et liberaliseret marked for energi og produktion

- sikre fastholdelse og udbygning af danske forskningskompetencer og videnmiljøer indenfor energiteknologi.”

1.3. Arbejdsgruppens medlemmer

Arbejdsgruppe 1 består af følgende medlemmer:

Helge Holm-Larsen, Haldor Topsøe A/S, Formand

Birgitte Kiær Ahring, Biocentrum, DTU

Claus Bøjle Møller, Vindmølleindustrien

Jens Christiansen, Teknologisk Institut

Mogens Mogensen, Risø

Ulrik Henriksen, Institut for Mekanik, Energi og Konstruktion, DTU

Fritz Luxhøi, Eltra, Kontaktperson Strategigruppen

1.4. Afgrænsning af opgaven

Med henvisning til den relativt kort tid afsat til arbejdet har det været nødvendigt at afgrænse opgaven til primært at bestå i en vurdering og prioritering af teknologier til brintproduktion samt produktion af brintholdige forbindelser, der direkte kan omdannes til brint eller supplere brint i en fremtidig dansk energiforsyning. En egentlig beskrivelse af teknologierne er ikke medtaget i rapporten. I stedet henvises til eksisterende udredninger, som f.eks. hvidbogen ”Brintforskning i Danmark” samt kilderne nævnte i kildeoversigten, kapitel 8.

Arbejdsgruppen har defineret *brintproduktion* som den serie af processer, der er nødvendige for at konvertere en given anden energikilde til tilstrækkelig ren brint eller brintholdigt brændstof. Det vil i det følgende ikke blive sondret mellem brint eller andre (syntetiske) brintholdige brændstoffer, medmindre sammenhængen specifikt lægger op til en sådan sondring. Dette indebærer, at ”brint” i det følgende generelt anvendes som en fællesbetegnelse for ”brint og andre (syntetiske) brintholdige brændstoffer”.

Der er endvidere ikke foretaget en stringent skelnen mellem central og decentral brintproduktion, men undervejs i rapporten vil det i relevante tilfælde blive vurderet om potentialet primært er centralt/decentralt.

Arbejdsgruppen har fokuseret på energiformer, der direkte kan konverteres til brint, dvs. biomasse, sol, el og fossile kilder. Der skelnes **IKKE** mellem de primære kilder til elektricitet, der efterfølgende konverteres til brint, men det understreges, at et bæredygtigt brintsystem kræver brintproduktion fra vedvarende energikilder.

Når man producerer brint fra fossile brændsler er det ligeledes væsentligt, om der udledes CO₂ eller CO₂’en udskilles og deponeres forsvarlig. Forårsager brintproduktionen udledning af CO₂, har brint i bedste tilfælde kun potentiale til at løse visse lokale miljøproblemer eller evt. være en hensigtsmæssig energibærer af andre årsager f.eks. udnyttelse i PEM-brændselsceller – ikke en løsning på CO₂-problematikken i sig selv. Det er i høj grad et politisk spørgsmål om samfundet vil acceptere CO₂-udskillelse og deponering, som en varig løsning på CO₂-problematikken, derfor er dette spørgsmål ikke behandlet yderligere af arbejdsgruppen.

Brintproduktion skal desuden ses i sammenhæng med de andre energibærere, der sandsynligvis bliver væsentlige i fremtidens energisystem: elektricitet, biobrændsler og andre syntetiske brændstoffer med fossil oprindelse, hvilket bl.a. er diskuteret i EU's "Strategic research agenda" på brintområdet.

Det langsigtede mål bør som nævnt være et bæredygtigt energisystem, hvor energi, der konverteres til brint, er produceret fra vedvarende energikilder. Det kan være en direkte produktion fra biomasse til brint, eller via elektrolyse baseret på elektricitet fra VE.

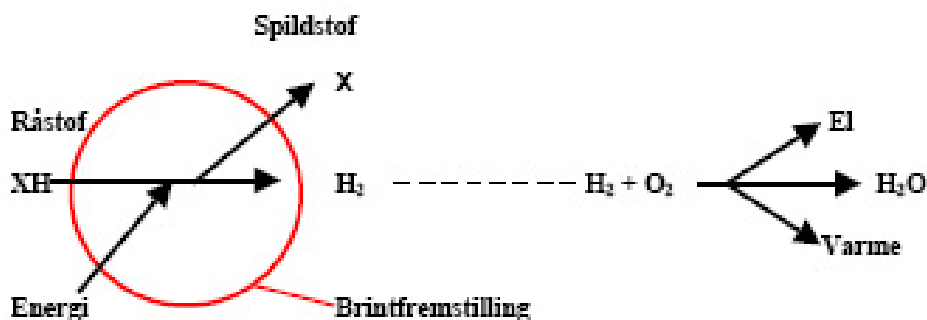
Men på kortere sigt, hvor el fra vedvarende energikilder direkte kan fortrænge fossilt baseret elproduktion, betyder tabene i forbindelse med konverteringen fra el til brint, at den vedvarende elektricitet i de fleste tilfælde udnyttes bedst i elsystemet.

I tilfælde, hvor der er ubalance på markedet, så el-produktionen overstiger den øjeblikkelige efterspørgsel, kan det komme på tale at konvertere elektricitet til brint. Den producerede brint kan anvendes til generering af elektricitet i spidslastperioder eller i transportsektoren.

Det bør være effektiviteten af det samlede energisystem vurderet i et samfundsøkonomisk perspektiv, der afgør prioriteringen af brintproduktionen.

2. Brintteknologier

Brint forekommer ikke frit i naturen, men skal fremstilles ud fra et råstof (symbolsk kaldet XH), der indeholder grundstoffet brint (H). Fremstillingsprocessen kræver tilførsel af energi og afgiver et spildstof (X), som vist på figur 2.1.



Figur 2.1 Oversigt over omsætningen af brintholdige råstoffer (XH) til brint (H_2) og videre omsætning af brint til el, vand og varme. Brint Hvidbog, maj 2004.

Råstofferne kan f.eks. være naturgas, olie, kul, biomasse eller vand. Til omsætningen skal bruges energi, der kan komme fra råstoffet eller fra vedvarende, fossile eller

nukleare kilder. Fra fremstillingsprocessen efterlades et spildprodukt, der afhænger af hvilket råstof, der bliver brugt: Naturgas, olie, kul og biomasse giver CO₂ (og yderligere spildprodukter), mens spildproduktet fra vand er ilt.

2.1. Relevante teknologier for produktion af brint og brinholdige brændstoffer

Som udgangspunkt har gruppen valgt at betragte de brintproduktionsteknologier, der har været behandlet i fase 1 arbejdet omkring brintstrategi. Disse teknologier betragtes af gruppen som en ”bruttoliste”, det er relevant at se videre på, og som på basis af kriterier opstillet i det følgende kan ordnes eller prioriteres i form af en ”nettoliste”, der repræsenterer gruppens anbefalinger og konklusion.

Bruttolisten indeholder følgende teknologier:

Teknologi:	Forventet anvendelsesområde:
Reforming	Central og decentral
Biomasse forgasning	Primært decentral
Elektrolyse	I dag decentral, på sigt muligvis også central
Fotokatalyse	Primært decentral
Biologisk konvertering af biomasse	Decentral, på sigt muligvis central

For så vidt angår elektrolyse skelnes som nævnt ikke i denne sammenhæng mellem hvor elektriciteten kommer fra. Der kan dermed principielt være tale om elektricitet fra såvel vedvarende om ikke vedvarende kilder afhængig af den energi- og miljøpolitiske prioritering.

For en nærmere beskrivelse af teknologierne henvises til kilderne i kildeoversigten, kapitel 8. I de følgende afsnit fokuseres ikke så meget på teknologierne som sådan, men snarere deres potentiale for at understøtte den energi-, erhvervs-, og forskningspolitiske strategi som anført i afsnit 1.2 ovenfor.

3. Status og udviklingsperspektiver

Elementerne i en kommende dansk brintstrategi bør baseres på områder, hvor der er et særligt potentiale for at nå frem til resultater, der har en signifikant effekt på forsyningssikkerhed og miljø (herunder specielt CO₂ emission). Dette potentiale omfatter både forskningsmæssige og erhvervmæssige resultater, der allerede er demonstreret, og tilsvarende kompetencer, der må forventes at favorisere bestræbelser i Danmark i forhold til tilsvarende bestræbelser udenfor Danmark.

De væsentlige aspekter, der bør indgå i vurderingen af status og potentiale omfatter såvel den basale teknologi som økonomiske, energi- og miljømæssige forhold. Disse forhold gennemgås nedenfor.

3.1. Særlige teknologiske perspektiver

Reforming

Reforming af naturgas, metanol, ammoniak og tungere kulbrinter er for alle praktiske formål kendt teknologi, og for central brintforsyning er det anlæg af denne type, der sætter markedsprisen på brint i dag. Teknologien er relativt moden, energieffektiviteten er relativt høj, og der er derfor ikke grund til at antage kvantespring i fremtiden for så vidt angår reforminganlæg til central brintforsyning.

Hvad angår mindre reformerianlæg til decentral brintproduktion, er der udviklet et mindre antal prototyper af forskellige virksomheder, inkl. Haldor Topsøe A/S, både til metan, naturgas og til metanol, men fælles for disse prototyper er, at de foreløbigt ikke har fundet kommerciel anvendelse i større omfang, idet der endnu ikke findes et udbredt kommercielt decentralt brintmarked. I det øjeblik dette marked manifesterer sig, vil disse prototyper blive produktmodnet og markedsført aktivt på markedslygnende vilkår, blandt andet af danske virksomheder. Attraktive markedsvilkår kan etableres med relativt beskedne midler. Det skønnes at brintfremstillingsprisen ved masseproduktion af sådanne enheder kan nedbringes til 1-3 gange prisen på brint fra storskala. Udover reformere til naturgas har Haldor Topsøe A/S også demonstreret reforming af diesel og andre tunge kulbrinter. Denne teknologi er dog kun afprøvet i enkelte demonstrationsanlæg.

Forgasning

Ved termisk forgasning af biomasse forstås processer, der ved hjælp af opvarmning konverterer biomasse til gas. Termisk forgasning af biomasse frembringer en syntesegas, som primært består af H_2 og CO. Ved reformering med vanddamp kan brintindholdet i syntesegassen øges yderligere. I Danmark er der gennem en årrække etableret en række forgassere. Bl.a. er der etableret en modstrømsforgasser på fjernvarmeværket i Harboøre, her driver den rensede syntesegas to forbrændingsmotorer med henblik på kraft-varme produktion. Et andet koncept er tottrinsforgasning, som er demonstreret på DTU. Her forefindes en relativ høj andel af gassens energi som H_2 (50 % -70 %, på sigt principielt op mod 85 %). Idet biomasseforgasning er principielt CO_2 neutral vil biomassen og herunder også visse affaldsfraktioner være vigtige basisstoffer i den fremtidige brintproduktion. Forgasning af affald og industrielle restprodukter bidrager til en øgning af brændselsfleksibiliteten og dermed øget uafhængighed fra fossile brændsler og forsyningssikkerhed. På dette område har Teknologisk Institut ydet et væsentligt bidrag, idet der på instituttets 200 kW modstrømsforgasser gennem en årrække er forgasset forskellige affaldstyper, fra nedbrudstømmer til garveriaffald. Bidraget omfatter en dokumentation af brændslernes forgasningsegenskaber og de miljømæssige effekter ved affaldsforgasningen.

Syntesegas fra biomasseforgasning kan i øvrigt anvendes til fremstilling af syntetiske flydende transportbrændstoffer (metanol, DME, benzin, diesel), der vil være direkte blandbare med eller supplere de transportbrændstoffer, der anvendes i dag. Biomasse- og affaldsforgassere vil derfor kunne indrettes til at producere syntetiske flydende transportbrændstoffer på kort sigt og omstilles til brint på et senere tidspunkt, når efterspørgslen opstår.

Forgasningsteknologien fremstår i dag som demonstreret i relativt få anlæg i relativt beskeden størrelse. En egentlig markedsintroduktion vil kræve yderligere teknisk udvikling. Derudover vil det være nødvendigt at demonstrere driftsstabilitet og råstof-fleksibilitet over en længere periode i en noget større målestok end dagens demonstrationsanlæg. Endelig vil der være behov for en produktmodning, hvor forgaserteknologien tilpasses de betingelser, der generelt gælder for anlæg, der skal serieproduceres.

Elektrolyse

Elektrolyse som sådan er en etableret teknologi, der i dag praktiseres industrielt i en vis udstrækning i nichemarkeder. Det primære potentiale for at reducere brintproduktionsprisen med konventionel elektrolyse er gennem stordriftsfordele i serieproduktion. Teknologi for og erfaring med konventionel elektrolyse beror i dag hos en række udenlandske firmaer. Det skønnes kun muligt at opnå succes med en dansk indsats på dette område i samarbejde med eksisterende aktører og/eller ved at satse på væsentlig nyudvikling med udgangspunkt i konkrete behov i det danske energisystem. Det kunne f.eks. være gennem systemudvikling og demonstrationsprojekter til balancering af vindkraft.

På forskningssiden fokuseres i denne rapport primært på højtemperatur elektrolyse i form af SOEC (Solid Oxide Electrolyser Cell). SOEC, der er baseret på SOFC brændselscelleudvikling, udnytter at brint kan fremstilles fra vand i en SOFC stak, når strømretningen vendes i forhold til anvendelsen i brændselscelle-tilstand. SOEC skønnes at have væsentlige fortrin i forhold til eksisterende teknologi i form af højere virkningsgrad og bedre mulighed for synergi med varmforsyningen gennem udnyttelse af højtemperatur spildvarme. I modsætning til konventionel elektrolyse vurderes det, at der for højtemperatur elektrolyse er et vist potentiale for dansk forsknings- og erhvervsmæssig succes.

Fotokatalyse

Fotokatalyse, også kaldet fotoelektrolyse, er en kombination af solceller med in-situ elektrolyse af vand. Vandspaltning ved hjælp af fotokatalyse er en metode, hvor energien i sollys opsamles i et fotosensitivt halvledermateriale, som direkte kan anvendes til at bryde brint-oxygen bindingen i vand. Herved dannes oxygen og brint, der kan benyttes som brændsel i for eksempel brændselsceller, principielt med en meget høj virkningsgrad. Den fotoelektrolytiske effekt er demonstreret i laboratorieskala tilbage i halvfjerdsere, med en lyskonverteringseffektivitet på mindre end 1 %. Forskningsresultater fra 2002 (Khan et al.) viser imidlertid, at effektiviteter på over 8 % kan opnås ved at anvende carbon-doteret titaniumoxid. Disse resultater er imidlertid endnu ikke verificeret fra uafhængig side.

Brintproduktion ved brug af fotokatalyse fremstår dermed som et koncept, der principielt er lovende, men endnu mangler at vise sit potentiale på reproducerbar vis. I og med konceptet er i så tidligt et udviklingsstade er der en tilsvarende stor teknologirisiko.

Biologisk konvertering af biomasse

Fermentativ konvertering af biomasse til ren brint er mulig både i blandings- og renkultur med et relativt lavt udbytte.

Forsøg har imidlertid vist, at brint kan produceres på f.eks. gylle før biogasproduktion uden at nedbringe metanudbyttet af processen. Samproduktion af flere biobrændstoffer såsom bioetanol sammen med brint - og endelig metan ud fra restproduktet - giver anledning til et langt højere udbytte. Efter reformering af etanolen vil brintproduktionen være ca. 5-6 gange højere end ved den direkte fermentering, og udbyttet vil være tæt på det teoretisk mulige ud fra kulhydrater. Produktionen af bioetanol og brint kan ske med renkulturer af termofile bakterier, der eliminerer problemet med brintforbrugende processer, som altid vil findes i blandingskulturer. Produktionen af metan ud fra restdelen af biomassen vil samtidig muliggøre genbrug af procesvand, som har stor betydning for processens bæredygtighed og økonomi.

3.2. Skitse for udvikling, kort/mellemlang og langt sigt

Visse af teknologierne på bruttolisten er allerede modne, mens andre stort set kun eksisterer som koncept. Den mulige tidsmæssige udvikling er søgt anskueliggjort i nedenstående tabel:

Konverterings-teknologi	Udviklingsstade		
	I dag	Kort/ mellemlang sigt 10-15 år	Langt sigt 25 år
Reforming	Moden teknologi til centrale enheder. Få industrielle enheder til større decentrale enheder	Moden teknologi, til centrale og decentrale enheder	Moden teknologi, til centrale og decentrale enheder
Biomasseforgasning	Testanlæg	Demonstrations-anlæg	Moden teknologi
Konventionel elektrolyse	Moden teknologi	Moden teknologi	Moden teknologi
Højtemperatur elektrolyse (SOEC)	Laboratorieskala	Testanlæg	Demonstrations-anlæg
Fotokatalyse	Laboratorieskala	Testanlæg	Demonstrations-anlæg
Biologisk konvertering af stivelse	Moden teknologi	Moden teknologi	Moden teknologi
Flertrins-fermentering af biomasse	Testanlæg	Demonstrations-anlæg	Moden teknologi

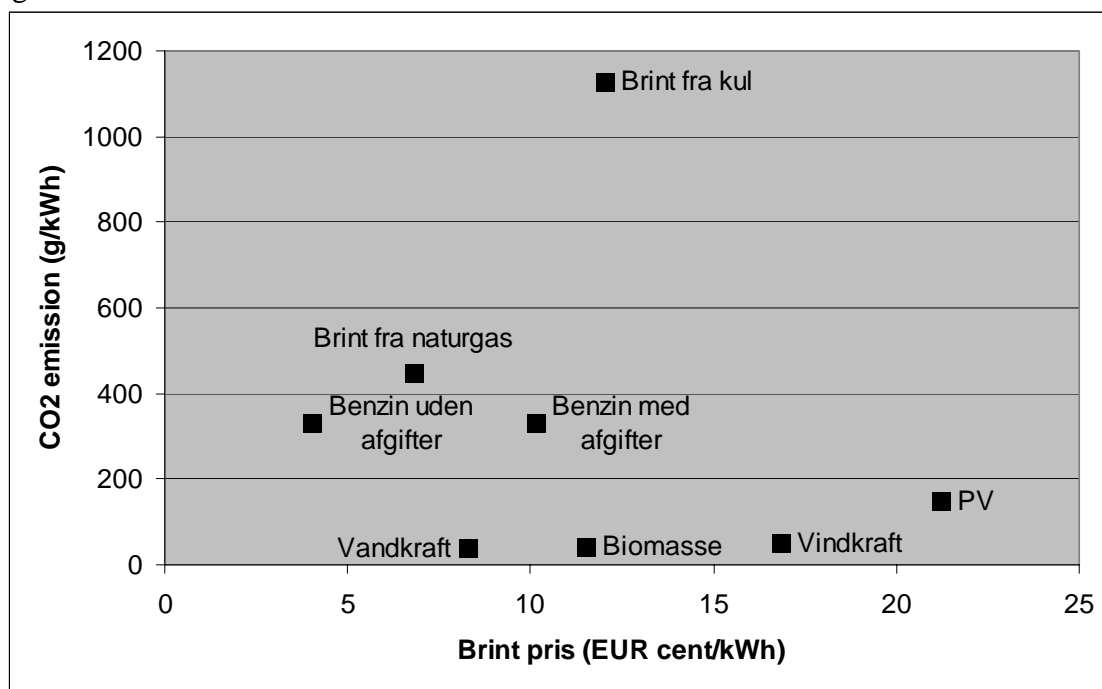
Tabel 3.2 Brintproduktionsteknologier og deres udviklingsperspektiver i Danmark

På grund af den indbyggede inert i konceptudvikling, demonstration og markedsindtrængning vil det være urealistisk at forvente at teknologier, der kun foreligger i laboratorieskala i dag, vil kunne levere væsentlige andele af det totale energiforbrug, selv indenfor en sigt på 25 år. På den anden side kan disse teknologier ikke dermed fraskrives succes på længere sigt og måske endda succes i nicheområder inden da.

Teknologier, der er modne eller på demonstrationsstadiet i dag vil have en vis chance for at dække en væsentlig del af det totale energiforbrug på længere sigt, hvis de i øvrigt viser sig konkurrencedygtige. På kort til mellemlang sigt kan der næppe blive tale om succes på andre end nicheområder alene af hensyn til energimarkedet relativt træge dynamik med planlægningshorisont og anlægslevetider på 20 år eller mere.

3.3. Økonomiske perspektiver

Dagens produktionsomkostninger for brint og benzin er sammenlignet i nedenstående figur:



Figur 3.3 Dagens produktionsomkostninger for brint vs. CO₂-emission. (Estimat fra Carlo Rubbia, "Hydrogen at crossroads between science and politics", 1st European Hydrogen Energy Conference, 2003, Grenoble, France).

Opstillinger af den art som vist i figur 3.3 afhænger altid af de antagelser, der ligger til grund, men to væsentlige konklusioner kan ikke anfægtes, nemlig (1) at vandkraft/elektrolyse og reforming af naturgas i dag er de billigste brintkilder, og (2) at benzin (og diesel) af fossil oprindelse, rensat for afgifter, i dag er langt billigere per energienhed end brint.

Vi har i den senere tid set en væsentlig stigning i energipriser pga. konflikter og forsyningsubalancer, og der er udbredt enighed om at oliepriser under 20 USD/tønde

næppe vil være normen i fremtiden. På den anden side findes der kommercielt afprøvede teknologier til konvertering af kul, tjæresand og naturgas til syntetiske brændstoffer som benzin og diesel, der meget langt ud i fremtiden har potentiale til at lægge låg på (det langsigtede gennemsnit på) olieprisen på under 50 USD/tønde¹.

Der er dermed risikabelt at basere en langsigtet energipolitik på en antagelse om, at olieprisen i gennemsnit vil stige markant ud over, hvad vi ser i dag (i.e. ~50 USD/tønde).

Samtidig er det svært at se et potentiale for tekniske udviklinger, der på kort til mellemlangt sigt kan reducere brintfremstillingsprisen markant i forhold til hvad der i dag præsteres på centrale reformerianlæg.

Rationalet for indførelsen af et brintsamfund i Danmark skal derfor i givet fald primært søges i miljø- og forsyningssikkerhedsmæssige hensyn, ikke i økonomiske forhold. Det betyder implicit at samfundet må være villigt til at subsidiere brintproduktionsteknologi, også på relativt langt sigt.

Med til denne økonomiske vurdering hører dog også visse erhvervsmæssige overvejelser. En satsning på brintteknologier kan have stor betydning for industri såvel som landbrug i Danmark. Der kan således forventes et væsentligt spin-off inden for f.eks. virksomheder, der producerer nye maskiner og dele hertil, samt mere nano-baseret industri med enzymer, fin-dele og chips til fermenteringsindustrien.

3.4. Energimæssige perspektiver

De senere år er der opstået en situation på el-markedet med ubalance mellem fluktuerende produktion på vindmøller og ikke elastisk efterspørgsel på elektricitet. Politisk understøttede tiltag som:

- Markedsmæssig styring af den decentrale produktion
- Forstærkede forbindelser til naboområder
- Indførelse af priselastisk styring af elforbruget

formodes på kort-mellemlangt sigt at reducere denne ubalance og hermed også reducere perioder med ekstremt lave markedspriser på elektricitet.

En fortsat massiv udbygning med off-shore vindkraft i Danmark og omliggende lande vil imidlertid igen kunne føre til en situation, hvor der er risiko for ubalancer på markedet mellem produktion og efterspørgsel. Fleksibilitet vil derfor være et nøgleord i forbindelse med fastlæggelse af den kommende strategi for brint.

Brint har et potentiale, der på langt sigt kan bidrage til en større national selvforsyningsgrad (efter ressourcerne i Nordsøen er udtømt), og dermed til at reducere de svingninger i energipriser vi lever med i dag.

¹ Studies in Surface Science and Catalysis 107, Natural Gas Conversion IV, pp 219-224, "Development in Fischer-Tropsch Technology", B. Jager, Sastech R&D, PO Box 1, Sasolburg 9570, Republic of South Africa.

3.5. Miljøpolitiske perspektiver

Reforming er som regel baseret på fossil primærenergi, og bidrager derfor med CO₂ emission. Undtagelser er tilfælde, hvor der i kombination med central brintproduktion foretages CO₂ sekvestrering samt hvis f.eks. biomassebaseret metanol eller etanol benyttes som primær energikilde. Der er dog under alle omstændigheder mulighed for at fjerne CO₂ (under tryk) fra syntesegassen fra reformeren og dermed opnå tæt på 100 % CO₂ sekvestrering. Udover CO₂ bidrager reforming med andre emissioner som f.eks. svovl og NO_x, men i mængder, der er lavere end ved tilsvarende direkte naturgasfyring.

Forgasning og biologisk konvertering af biomasse er som udgangspunkt vedvarende energiteknologier og som følge heraf helt i overensstemmelse med de miljøpolitiske målsætninger.

Højtemperatur elektrolyse anvender elektricitet, der kan være fremstillet fra vedvarende, fossile eller nukleare energikilder. Teknologien kan principielt anvendes så snart den bliver tilgængelig (teknisk og økonomisk) og skifte fra elektricitet fra fossile kilder til elektricitet fra vedvarende kilder så snart denne bliver til rådighed.

Fotokatalyse er en potentiel vedvarende energiteknologi, der forventes at kunne producere brint direkte ud fra sollys. Almindelige solceller har i dag en levetid på 20 år og producerer fire til syv gange mere energi gennem sin levetid i forhold til den energi, der er blevet brugt i forbindelse med fremstillingen. Selvom solcellernes levetid er lang, er denne teknologi stadig for dyr til egentlig energiproduktion. Levetiden for fotokatalytiske celler vil sandsynligvis være kortere. Omvendt ser det ikke ud til at miljøbelastningen i forbindelse med fremstillingen af de fotosensitive elektroder vil være af nogen betydning.

Generelt er det vigtigt at se de miljømæssige perspektiver ved brintproduktion både på et globalt og et lokalt niveau. Globalt er fokus som bekendt på CO₂-reduktion, men der kan også være et betydeligt potentiale for at reducere lokale emissioner f.eks. i bytransport.

3.6. Internationale perspektiver

Internationalt satses der på brint primært i USA, EU og i Japan. For så vidt angår USA og Japan vurderes satsningen i al væsentlig at koncentrere sig om primærkilderne kul og kernekraft, mens fokus i EU i større udstrækning er mod vedvarende energi.

Det må derfor forventes, at der vil være massivt udviklingspres omkring oprensning af kul-forgassergas samt elektrolyse (inklusive højtemperaturolektrolyse) i USA og Japan, mens forgasning og biologisk konvertering af biomasse i større udstrækning vil være en (Nord)-Europæisk indsats. Dog kan de massive planer for udbygning med offshore vindkraft i Nordeuropa bevirke, at anvendelse af elektrolyse på sigt rykker højere op på dagsordenen.

Det virker derfor rimeligt at antage, at der globalt vil være en større tendens til en forcering af forskning i gasoprensning og elektrolyse, hvilket på den ene side vil betyde

en afkortning af udviklingsperioden, og på den anden side en væsentlig forøgelse af konkurrencen indenfor disse områder, men medfølgende risiko for at det bliver vanskeligere at opnå en national dansk succes.

Indenfor forgasning og biologisk konvertering af biomasse synes den potentielle konkurrence mindre, og sandsynligheden for at opnå national dansk succes synes større. Disse områder er også i bedre overensstemmelse med målsætningerne for EU's rammeprogrammer for RD&D, og dermed må det antages at være marginalt lettere at opnå supplerende finansiering fra EU.

Udviklingen af brintteknologier i specielt USA, men også i Japan og EU er rettede mod transportsektoren og må derfor formodes at favorisere den F&U, der er bedst rettet herimod. I Danmark har transportsektoren hidtil haft lavere prioritet end produktionen af el og varme. De F&U-projekter, der igangsættes i Europa og udviklingen internationalt vil derfor ikke nødvendigvis være helt parallelle med en dansk optimal udvikling. Det kan være en ulempe for dansk forskning og for den efterfølgende markedsføring, at danske prioriteter afviger fra den internationale opfattelse. På den anden side kan der senere være muligheder for succes på nicheområder, hvor der internationalt er lavere prioritet end i Danmark.

4. Danske kompetencer og styrkepositioner

Elementerne i en kommende dansk brintstrategi bør baseres på indsatsområder, hvor der eksisterer særlige danske styrker og kompetencer - såvel forskningsmæssigt som erhvervsmæssigt - der ultimativt kan sandsynliggøre en konkurrencedygtig kommerciel udnyttelse af de respektive områder i form af løsning af konkrete danske energipolitiske problemstillinger og/eller gennem eksport.

Det er med andre ord en nødvendig - men ikke tilstrækkelig - betingelse, at der findes eller kan opnås internationalt konkurrencedygtige danske forskningskompetencer indenfor de valgte områder. Men for at et givet område på sigt kan bidrage til økonomisk vækst i Danmark, er det endvidere nødvendigt, at der findes tilsvarende internationalt konkurrencedygtige industri- eller erhvervskompetencer, som aktivt er villige til at tage del i udvikling, demonstration, produktion og markedsføring.

4.1. Danske forsknings- og erhvervskompetencer

Reforming

Indenfor teknologi og katalysator til naturgas-reforming, både til centrale og decentrale anlæg, er Haldor Topsøe A/S verdensførende. Dertil kommer, at adskillige danske forskningsinstitutioner bedriver forskning i verdensklasse indenfor heterogen katalyse. Centrale naturgasbaserede reformingeanlæg sælges i dag på markedsvilkår. Derimod er masseproduktion af små decentrale naturgasbaserede brintanlæg et relativt nyt område ud fra et industrielt synspunkt, men der er oplagte industrivirksomheder i Danmark, der vil være i stand til og have interesse i at løfte denne opgave.

Konvertering af biomasse

For så vidt angår forgasning og biologisk konvertering af biomasse må det danske forskningsmiljø på visse områder betragtes som værende internationalt førende. Dette gælder specielt luftblæst flertrinsforgasning og avanceret flertrins-konvertering af biomasse fra andet end stivelsesholdige afgrøder.

Konventionel biologisk konvertering af stivelseholdige afgrøder såsom majs og sukkersaft er anvendt i udbredt grad i lande som USA og Brasilien. Danmark har ingen mulighed for at gøre sig gældende på stivelsesområdet med egne ressourcer, idet produktion af korn i Danmark med henblik på energiproduktion ikke kan konkurrere med verdensmarkedsprisen på stivelseholdige afgrøder. Stivelsesområdet vil samtidig have en meget lille positiv effekt på CO₂-balancen, idet energiforbruget til produktion af afgrøder vil opveje en række af fordelene. I modsætning hertil kan brug af ikke-stivelsesholdig (rest-)biomasse betyde en meget betydelig CO₂ reduktion.

Den erhvervsmæssige basis for avanceret flertrins-konvertering af biomasse er glimrende, idet danske kompetencer indenfor industriel fermentering er i verdensklasse. Der tegner sig desuden et industrielt konsortium, der er interesseret i at udvikle, demonstrere og produktmodne teknologien. Bortset fra en svaghed om infrastruktur og distribution vurderes dette konsortium at kunne løfte teknologien, hvis i øvrigt udviklingsmålene kan nås og teknologien viser sig økonomisk attraktiv.

Med hensyn til mindre forgasningsanlæg er der en betydelig erhvervsmæssig kompetence i Danmark. Erhvervsmæssig basis for produktion af store forgasningsanlæg må siges primært at være til stede i udlandet (Carbo-V, Lurgi, Foster Wheeler, Carbona etc.)

Elektrolyse og fotokatalyse

Det virker umiddelbart som om, der er tilstrækkelige forskningsmæssige kompetencer i Danmark til at gennemføre eksplorativt arbejde indenfor højtemperaturolektrolyse, da dette arbejde har en udstrakt synergi med allerede igangværende forskning indenfor højtemperatur brændselsceller, SOFC. Såfremt det viser sig at SOFC stakke kan benyttes relativt umodificeret i højtemperatur-elektrolyse-systemer er det endvidere sandsynligt, at Haldor Topsøe A/S vil have en vis erhvervsinteresse i SOFC stak fremstilling til denne anvendelse, men ikke i fremstilling af egentlige elektrolysesystemer. Generelt er markedet for elektrolysesystemer præget af store internationale firmaer med global rækkevidde, og det må derfor anses for vanskeligt at etablere bemærkelsesværdige forsknings- og erhvervsmæssige resultater i Danmark bortset fra det skitserede scenarie.

Inden for lav-temperatur elektrolyse er der dog flere danske virksomheder, der arbejder med systemudvikling rettet mod at balancere og lagre vindenergi. Disse systemer er på koncept, test- og demonstrationsstadiet.

Fotokatalyse er ikke et etableret indsatsområde i Danmark. De nærmest beslægtede aktiviteter er udvikling af 3. generations solceller baseret på PEC-teknologi (photoelectrochemical) samt forskning i katalyse og fremstilling af doteret,

nanokrystallinsk pulver. Derimod er teknologien kun fjernt beslægtet med kommercielle solceller.

Det er oplagt, at hvis man vælger at forfølge disse områder, så vil der (med undtagelse af konventionel lav-temperatur elektrolyse) blive behov for et langstrakt eksplorativt arbejde, og hvorvidt industrivirksomheder ønsker at gå ind i disse områder på nuværende tidspunkt, vil afhænge af om det er muligt at identificere tidlige niche-applikationer, hvor prisen er af mindre betydning.

4.2. Vurdering af konkurrerende internationale kompetencer

Inden for den tidshorisont, der har været til rådighed, har det ikke været muligt at gennemføre en konkret vurdering af konkurrerende internationale kompetencer indenfor de valgte teknologiområder. Det er dog værd at bemærke, at dansk erhvervsliv generelt er dygtigt til at produktionsmodne og re-konfigurere eksisterende teknologier. På energiområdet gælder det bl.a. på kraftvarme- og vindkraft, hvor danske virksomheder har haft succes med systemudvikling og –optimering baseret på kernekompetencer af udenlandsk oprindelse.

5. Anbefaling af danske indsatsområder

For at skabe et overblik har gruppen sammenlignet perspektiver, kompetencer og modenhed for de enkelte teknologi-områder i tabellen på den følgende side, og som det fremgår, er der stor variation indenfor de valgte kategorier. I tabellen er de enkelte kriterier vurderet på hhv. kort og langt sigt. Reforming af naturgas - de facto standarden for brintfremstilling i dag - er benyttet som referenceramme (basis), og de enkelte kriterier er vurderet ved sammenligning med denne basis på følgende niveauer ”+” (bedre end naturgas reforming), ”0” (samme niveau) og ”-” (dårligere).

En række af konverteringsteknologierne tilbyder reduktion af CO₂ emission i forhold til naturgas reforming. Det gælder alle teknologier baseret på vedvarende energi samt konverteringsteknologier for fossile primærenergikilder så længe de indeholder CO₂ sekvestrering. Såfremt man i en overgangsfase vælger at satse på brint fra fossile energikilder bør CO₂-sekvestering undersøges nøjere.

Med hensyn til forsyningssikkerhed vil det på kort til mellemlang sigt primært være kul, biomasse og konventionel lavtemperaturelektrolyse, der kan bidrage (udover naturgas, basis-scenariet). Højtemperatur elektrolyse og fotokatalyse er eksempler på teknologier, der vil kræve en væsentlig produktmodning før de for alvor kan bidrage til forsyningssikkerhed.

Områder, hvor der er både en dansk styrkeposition og et vækstpotentiale, er de mest interessante, idet dette er nogle af de væsentligste forudsætninger for at opnå forsknings- og erhvervsmæssig succes. På denne baggrund anbefales en målrettet indsats - baseret på VE-kilder - indenfor:

- biomasse/affald forgasning
- biomasse/affald flertrins-fermentering

- højtemperaturelektrolyse
- fotokatalyse

Hvis der på kort sigt ønskes en bredere anvendelse af brint i transport- eller kraftvarmesektoren, så vil en indsats med udvikling af decentral reformering af naturgas være vigtig. Hertil kommer, at en afprøvning i større skala og demonstration af brændselscelleteknologien, specielt PEM-celler er afhængig af at reformeringsteknologi er til rådighed.

Hvis brint fra naturgas også skal have et langsigtet perspektiv bør der desuden igangsættes en mere eksplorativ indsats på et relativt begrænset niveau indenfor CO₂-sekvestrering.

I Danmark allerede findes styrkepositioner indenfor områderne reformering, brændselscelleteknologi og biomassekonvertering. På disse felter bør der derfor hurtigst muligt formuleres klare og centrale målsætninger, som svarer til potentialet, og som kan bringe/fastholde Danmark helt i front på de respektive områder.

Det forudses dog, at fremtidens energisystem kommer til at inddrage flere forskellige energiformer og konverteringsteknologier end tilfældet er i dag. Det kan på sigt give plads til nye lovende teknologier som højtemperatur elektrolyse og fotokatalyse. Det anbefales derfor som udgangspunkt at fastholde en eksplorativ indsats på disse områder og med mellemrum evaluere det tekniske potentiale med henblik på en forstærket indsats når konkrete gennembrud for teknologier kan dokumenteres.

Endelig er det gruppens anbefaling, at den indsats, der bliver sat i gang, bliver koncentreret i et begrænset antal indsatsområder, der er karakteriseret ved de særlige forudsætninger som anført ovenfor. Inden for dette begrænsede antal indsatsområder bør der satses rettidigt og med nødvendig tyngde. Skal der skabes resultater og succes, er det vigtigere at samle kræfterne end at "sprede hagl".

NR	KONVERTERINGS-TEKNOLOGI	CO ₂ -REDUKTION	REDUKTION AF ANDEN FORURENING	FORSYNINGSSIKKERHED		DK's STYRKE-POSITIONER		VÆKST-POTENTIAL		INDSATS-NIVEAU (F/D/K ¹)		CENTRAL/DECENTRAL TEKNOLOGI (C/D)	
				Kort sigt	Langt sigt	Kort sigt	Langt sigt	Kort sigt	Langt sigt	Kort sigt	Langt sigt	Kort sigt	Langt sigt
1	Naturgas – Reforming (basis)	0	0	0	0	0	0	0	0	K	K	C/D	C/D
2	Naturgas – Reforming m. CO ₂ sequestrering	+	0	0	0	+	+	+ ⁴	+ ⁴	F/D	D/K	C	C
3	Kul/olie – Gasification	-	-	+	+	-	-	+	+	K	K	C	C
4	Kul/olie – Gasification m. CO ₂ sequestrering	+	-	0	+	-	-	+ ⁴	+ ⁴	F/D	D/K	C	C
5	Kul/Olie/Naturgas – HX ³⁾	-	-	+	+	+	+	+	+	K	K	C	C
6	Kul/Olie/Naturgas – HX m. CO ₂ sequestrering	+	-	0	+	+	+	+ ⁴	+ ⁴	F/D	D/K	C	C
7	VE ² – EI – Elektrolyse (konventionel)	+	+	0	+	-	-	+	+	K	K	C/D	C/D
8	VE ² – EI – Højtemperatur Elektrolyse	+	+	-	+	-	+	+	+	F/D	F/D/K	C/D	C/D
9	Sol – Mikrobiologiske	+	+	-	+	0	0	-	-	F	F/D	C/D	C/D
10	Sol – Fotokatalyse	+	+	-	+	+	+	-	+	F	F/D	C/D	C/D
11	Sol – Termo-kemi	+	+	-	+	-	-	-	-	F	F	C/D	C/D
12	Biomasse/Affald Gasification	-	+	0	+	+	+	+	+	D/K	K	C/D	C/D
13	Biomasse/Affald Gasification m. CO ₂ sequestrering	-	+	0	0	+	+	+	+ ⁴	F/D	F/D/K	C	C
14	Biomasse/Affald konventionel fermentering	-	+	+	+	-	-	0	0	D/K	K	C/D	C/D
15	Biomasse/Affald flertrins-fermentering	-	+	+	0	+	+	+	+	F/D	D/K	C/D	C/D

Tabel 5 Kvalitativ sammenligning af energikilder/konverteringsteknologier til brintproduktion.

Noter:

- 1: F/D/K = Forskning/Demonstration/Kommercielt
- 2: VE = Solceller, vindmøller, bølge- og tidevandsanlæg
- 3: HX = syntetisk flydende brændstof (bioetanol, metanol etc.)
- 4: Vækstpotentialet for teknologier med CO₂ sekvestrering i forhold til tilsvarende teknologier uden sekvestrering afhænger af den politiske vurdering af CO₂ lagringens bæredygtighed

6. Vurdering af behov for nødvendige tiltag og støtte

Decentral naturgasreforming

Centrale reforming anlæg handles allerede på markedsvilkår, mens mindre decentrale anlæg ikke har haft deres kommercielle gennembrud. Det er sandsynligt at erhvervsinteresser vil være indstillet på at kommercialisere mindre decentrale naturgasreformere under 2 forudsætninger, nemlig (1) at der fra offentlig hold finansieres et mindre antal demonstrationsanlæg og (2) at der formuleres en klar og utvetydig energipolitik, der gør det muligt at sælge et stort antal serieproducerede enheder af denne type på markedsvilkår. Derudover skønnes ikke behov for yderligere virkemidler.

Biomasse fermentering

På basis af et Road-map som udstikker indsatsområder, mål, delmål og milepæle foreslår gruppen, at indsatsen koncentrerer sig i et Tværgående Center. Tilknyttet Centeret skal være de centrale grupper fra forskningsverden og de vigtigste industrier på feltet. Industrier i programmet skal egenfinansiere en stor del af deres indsats. Centeret skal ledes professionelt, og det er vigtigt, at ressourcer kan relokteres og omfordeles alt efter den udvikling, som tegner sig under Centerets virke.

Indsatsområder:

1. Sukker-platform; hvordan skaber vi mest mulige fermenterbare sukre fra biomasse til den laveste pris (forbehandling, enzymatisk hydrolyse)
2. Mikroorganisme platform; hvordan skaber vi verdens bedste biofuels-producenter, som arbejder med højeste yield på realistiske substrater
3. Katalytisk platform; hvordan laver vi lige netop de fuel-produkter vi ønsker fra vores bio-raffinaderi

Forgasning af biomasse/affald

Inden for forgasning anbefales en indsats, der satser på produktion af brint på mindre anlæg baseret på Danmarks førerposition inden for flertrinsforgasning.

Herudover bør der opbygges viden inden for store iltblæste forgassere, således at det nødvendigvis samarbejder med udenlandske leverandører af forgassere til brintproduktionsanlæg kan etableres.

Indsatsområder:

- 1) Det må forskes i optimering af forgasningsprocesserne for at opnå højest mulig brintandel billigst muligt.
- 2) Der må forskes og udvikles i miljøvenlig affaldsforgasning med højest mulig brintandel samt miljøvenlig slaggeproduktion (liquid slagging)
- 3) Der må forskes og udvikles i reformering af syntesegas samt i brintseparation
- 4) Der må forskes i optimering ved sammenkobling af forgasser, separationsenhed, og andet hjælpeudstyr.
- 5) Teknologien må demonstreres i testanlæg

- 6) På basis af den stedfundne udenlandske udvikling opbygges viden inden for iltblæst forgasning (entrained flow).

Højtemperatur elektrolyse

På basis af en langsigtet udvikling af SOFC-teknologien deltager Risø i internationalt arbejde med udvikling af højtemperatur elektrolyse (SOEC). Der er tale om et indsatsområde, der stiller høje faglige krav og en stor baggrundsviden om området til de deltagende parter. Der er endnu lang vej til markedsmodning. Indsatsen begrænses derfor i første omgang til Risø's deltagelse, idet der løbende holdes øje med, hvornår det industrielle potentiale begynder at blive aktuelt. Som basis for det internationale samarbejde er det væsentligt, at der er et dansk finansieret program. Dette anbefales i starten at bestå af løbende støtte til ph.d.-projekter i et samarbejde mellem Risø og universiteterne.

Fotokatalyse

Såfremt publicerede resultater (Khan et al., 2002) kan bekræftes af uafhængige kilder, står vi muligvis overfor et gennembrud inden for fotokatalyse. Dette må som udgangspunkt verificeres af uafhængige laboratorier.

Hvis dette falder positivt ud vil der i forbindelse med den videre udvikling af teknologien være behov for:

- F&U inden for fotosensitive materialer
- F&U inden for elektrodematerialer til spaltning af vand med lavere overpotentialer
- F&U inden for processer, som kan bidrage til at forbedre i forholdet mellem omkostninger og ydeevne
- Identifikation af niche anvendelser, der kan bidrage til at fremme teknologien
- På sigt: Demonstration af brint- og el-produktion ved brug af fotokatalytiske celler i kombination med energikonverteringsteknologier
- Fokus på integration af solbaserede energisystemer i byggerier og i kombination med andre VE-teknologier.

Generelt

På et overordnet niveau foreslår gruppen at der skabes et forum med deltagelse af myndigheder, industri, energisektor, forskningsinstitutioner og -institutter, hvor brintproduktionsteknologi kan debatteres. Et sådant forum kan medvirke til at formulere strategi og road map for brintproduktionsteknologi generelt.

7. Konklusion

Hvis der er et marked for brint er det teknisk muligt at fremstille denne brint i store mængder inden for en kort tidshorisont. På kort sigt er fremstillingen af brint på basis af naturgas og reformering den eneste tilnærmelsesvis konkurrencedygtige mulighed.

Fremstilling ved hjælp af elektrolyse er også en teknologi, der umiddelbart kan indsættes. Som vist i figur 3.3 er elektrolyse en af de dyreste fremstillingsmetoder, der findes i dag. Skal den komme til anvendelse må der derfor enten skabes en udvikling mod at reducere prisen eller være andre forhold, der kan begrunde denne teknologi. Det kunne f.eks. være, at brintfremstillingen er CO₂-fri, forudsat den baseres på elektricitet produceret udelukkende på VE-kilder. Før denne produktionsform vælges bør det nøje undersøges, om den producerede elektricitet på anden vis kunne bidrage mere effektivt til en samlet CO₂-reduktion.

Højtemperatur elektrolyse har et potentiale for højere virkningsgrad end elektrolysen, der i dag er tilgængelig og dermed for en sænkning af produktionsprisen på brint. Udviklingen af højtemperatur elektrolyse er stærkt knyttet til SOFC-teknologien, hvorfor indsatsen i første omgang bør knyttes sammen hermed.

Gennem en årrække har der været støttet projekter om forgasning, herunder specielt med biomasse. Udviklingen er foregået både i Danmark og internationalt, men det har internationalt vist sig meget svært at komme ud over demonstrationsstadiet, da det økonomiske potentiale ikke har været til rådighed. Danmark er godt med i forhold til den internationale udvikling, også med mindre demonstrationsanlæg. Skal teknologien udnyttes i større stil indenfor overskuelig fremtid er der imidlertid behov for en betydelig styrkelse af midler til udvikling og demonstration. Det er positivt, at den hidtidige udvikling har haft et bredt element af generisk udvikling, så det umiddelbart er muligt at dreje udviklingen over mod produktion af brinholdige produkter frem for som hidtil kun mod el og varme.

Indenfor de betragtede områder er flertrins-fermentering af biomasse og affald formentlig det område, der umiddelbart har det mest lovende potentiale, specielt når man betænker mulighederne for at samproducere brint og brinholdige brændstoffer til transportsektoren. Det er et betydeligt dansk styrkeområde - også med erhvervsmæssigt potentiale - og der er store perspektiver i fremstillingen af brint og brinholdige brændsler. Udviklingen vil umiddelbart kunne styrkes gennem den ovenfor beskrevne tværgående koordinering i en centerlignende konstruktion, der skal have deltagelse fra forskningssiden, industrien og øvrige relevante aktører.

Fotokatalyse er en teknologi med mange spændende aspekter, men der mangler tilsyneladende endnu en bekræftelse af at potentialet er reelt. Det må forudses, at der skal store internationale F&U-bevillinger til før, der for alvor kan sættes gang i udviklingen. Det vil være mest hensigtsmæssigt, hvis en dansk indsats på dette område indarbejdedes i det oplæg, der allerede foreligger om forskning, udvikling og demonstration vedrørende solceller. Det bør derfor undersøges om området kan indarbejdes i den danske solcellestrategi

Generelt er det er gruppens fornemmelse, at brint indenfor de kommende 10-15 år ikke vil få nogen betydende rolle som energibærer. Inden for denne horisont kan brint evt. bidrage til at løse balanceproblemer i elsystemet og reducere lokale emissioner i transportsektoren. Skal brint herefter få større betydning er det nødvendigt, at der allerede nu indledes en målrettet og langsigtet udviklingsindsats. Som et eksempel herpå

henvises til den danske udvikling af SOFC-brændselsceller, der er indledt for mere end 15 år siden. Det er her lykkedes at holde dansk forskning og industri med i spidsen for den internationale udvikling gennem en langsigtet udvikling, der "kun" har modtaget moderat offentlig støtte. Teknologien er nu klar til at skulle demonstreres i mindre anlæg.

Primært bør en sådan målrettet og langsigtet udviklingsindsats overvejes på to områder:

- Fremstilling af brintholdige brændsler og på sigt ren brint ud fra fermentering og forgasning af biomasse. En forudsætning herfor er, at der skønnes at være den fornødne mængde biomasse til rådighed.
- Brintfremstilling ved elektrolyse, forudsat der kan vises et økonomisk perspektiv og potentiale

For alle teknologierne gælder, at de energipolitiske mål for det samlede energisystem har stor betydning for prioriteringen og de incitamenter, der bør skabes, idet f.eks. miljøafgifter og -certifikater kan få afgørende indflydelse på det økonomiske potentiale for de enkelte teknologier.

Den internationale markedsudvikling kan ligeledes få stor betydning for produktionsprisen for brint med de forskellige teknologier. Da fremtidige markedsdrevne omkostningsreduktioner og følgende forbedring af teknologiernes konkurrencedygtighed er vanskelige at forudsige bør strategiens indsatsområder revurderes med passende mellemrum. Det er væsentligt, at denne revurdering tager højde for eventuelle justeringer af de energipolitiske målsætninger.

8. Kildeoversigt

Strategi for forskning, udvikling og demonstration vedrørende brintteknologi i Danmark. Baggrunds- og bilagsrapport Fase 1, Energistyrelsen, juni 2004

Strategi for forskning, udvikling og demonstration vedrørende brintteknologi i Danmark. Kommissorium for arbejdsgrupper, Energistyrelsen, juni 2004

Overordnet strategi for udvikling af brændselscelleteknologi i Danmark. Energistyrelsen, august 2003

Brintforskning i Danmark – udfordringer og perspektiver, redaktion. Jens Kehlet Nørskov, DTU og Robert Feidenhans'l, Risø, maj 2004

Strategic Research Agenda, draft report. European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform, august 2004

Risø Energy Report 3: Hydrogen and its competitors. Edited by Hans Larsen, Robert Feidenhans'l and Leif Sønderberg Petersen. Risø National Laboratory, 2004. Risø-R-1469(EN).